Captação de água de chuva em ambientes urbanos: estudo para dimensionamento e operação de cisternas em escolas

Conference Paper · November 2017



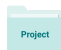
Pedro Ludovico Bozzini
University of São Paulo



Arisvaldo Vieira Méllo Júnior
University of São Paulo



Nadia Pontes
University of São Paulo



Captação de água de chuva em ambientes urbanos: estudo para dimensionamento e operação de cisternas em escolas

Pedro Ludovico Bozzini [1]; Ligia Monteiro da Silva [2]; Nádia Costa Pontes [3]; Arisvaldo Vieira Méllo Júnior [4]*

Resumo – A crise hídrica que assolou a Região Metropolitana de São Paulo a partir do ano de 2014 revelou a necessidade de se investir em formas alternativas de aproveitamento da água em meios urbanos. Nesse contexto, destaca-se a possibilidade de se realizar a captação de água de chuva, como forma de suprir as demandas para fins não potáveis. Este artigo apresenta um estudo para o dimensionamento e operação de cisternas em escolas, utilizando como ponto de partida o regime pluviométrico da região e a demanda para fins não potáveis. A metodologia proposta foi aplicada em duas escolas municipais de São Paulo. Foram analisados diferentes métodos de dimensionamento e foi realizada a simulação da operação do sistema para cada caso. Os resultados indicam grande divergência entre os métodos e destacam a importância da simulação em projetos de captação de água de chuva.

Palavras-Chave – Captação de água de chuva; Dimensionamento de cisternas; Uso racional da água.

Rainwater harvesting in urban areas: case study for the design and operation of cisterns in schools

Abstract – The Metropolitan Region of Sao Paulo, located in the Southeast Region of Brazil, faced a severe water crisis in 2014. This predicament has exposed the need for alternative water sources, especially at urban environments. Water harvesting systems have proven to be of great value during the crisis. The systems are able to supply non-potable water needs with relative security, thus avoiding the use of drinking water without necessity. This paper presents a study for the design and operation of rainwater harvesting systems at schools, using as input data the pluviometric regime and non-potable water demands. Two public schools located in the city of Sao Paulo, with different pluviometric and demand patterns were used as a case study. Several cistern sizing methods were analyzed and the system operation was simulated. The results show great divergence between methods and stresses the importance of simulation in rainwater harvesting projects.

Keywords – Rainwater harvesting; Cistern design; Rational use of water

INTRODUÇÃO

A Região Metropolitana de São Paulo encontra-se, desde 2014, em situação de grave crise hídrica. Localizada na bacia do Alto Tietê, a região concentra aproximadamente 20 milhões de habitantes, atendidos pelo Sistema Integrado Metropolitano (SIM) da Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (Sabesp, 2015). Segundo a Agência Nacional de Águas (2005), a bacia do Alto Tietê caracteriza-se por possuir demandas superiores à disponibilidade hídrica, o que

---

[1] Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – pedro.bozzni@usp.br

[2] Engenheiros Sem Fronteiras - li.monteiroo@gmail.com

[3] Instituto de Energia e Ambiente da Universidade de São Paulo - nadiapontes@usp.br

[4] Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - arisvaldo@usp.br

faz com que seja necessário buscar abastecimento de fontes externas, tais como a bacia do rio Piracicaba.

Diante desse contexto, torna-se cada vez mais necessário adotar medidas de utilização de fontes alternativas de água, tal como a captação de água de chuva. Essa representa uma oportunidade economicamente viável para aumentar a disponibilidade hídrica e atingir a sustentabilidade ambiental no abastecimento de água para fins não potáveis (Righetto, 2009). Conforme defendido pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente, a captação e armazenamento de água de chuva são medidas necessárias para reduzir o número de pessoas sem acesso à água (Barron, 2009). Apesar de diversos fatores contribuírem para a difusão de cisternas, faltam modelos de incentivos financeiros à sua instalação (Gomes, DomÈnech, Pena, Heller, e Palmier, 2014).

A possibilidade de se implantar sistemas de captação de água de chuva em ambientes urbanos torna necessário o desenvolvimento de metodologias de dimensionamento e operação dos sistemas. Diversas recomendações para o dimensionamento de reservatórios de águas pluviais, baseadas em métodos práticos ou teóricos, podem ser encontradas na bibliografia especializada (ABNT, 2007; Amorim & Pereira, 2008). Poucos estudos, entretanto, relacionam o dimensionamento à operação dos sistemas segundo o regime pluviométrico local.

Portanto, este artigo tem como objetivo avaliar diferentes métodos de dimensionamento de cisternas para captação de água de chuva, relacionando-os com a operação dos sistemas em escolas. A metodologia desenvolvida foi aplicada como estudo de caso em duas escolas municipais de São Paulo, localizadas nos bairros do Cambuci e Pinheiros e abastecidas pelo Sistema Cantareira.

ESTADO DA ARTE

Uso de água para fins não potáveis

Como destacam Marinoski e Guisi (2008), a água pluvial coletada pode ser direcionada para diversos fins não potáveis, permitindo a redução do consumo de água potável. Em escolas, os dados de consumo de água para fins não potáveis ainda são escassos. Tomaz (2004) aponta a possibilidade de se estimar esse consumo por meio do uso de parâmetros de engenharia. Porém, é necessário grande volume de informações que nem sempre estão disponíveis.

Marinoski e Guisi (2008) fizeram um estudo em dois estabelecimentos de ensino, a fim de identificar os tipos de consumo de água. Por meio de medições de vazões de aparelhos sanitários e entrevistas, os autores constataram que 63,5% dos usos finais são utilizados para fins não potáveis.

Dimensionamento de cisternas

A determinação do volume das cisternas tem impacto direto tanto no desempenho do sistema como nos custos do projeto. O tamanho do reservatório é função da demanda a ser atendida e do volume que pode ser captado. Este, por sua vez, é função da área de captação, da eficiência do sistema de captação, do volume de água precipitado e da distribuição temporal da chuva.

A NBR 15.527 (ABNT, 2007) recomenda alguns métodos para o dimensionamento de reservatórios de água de chuva. Dentre eles, destaca-se o método de Rippl, também aplicado na bibliografia consultada (Amorim & Pereira, 2008; May, 2004; Moruzzi, Oliveira, & Carvalho, 2008). Neste método, é realizado um balanço de massa diário ou mensal no reservatório, a partir do qual se define o volume da cisterna com o maior déficit acumulado. Sua vantagem é levar em consideração a distribuição temporal da chuva, sendo sensível aos períodos prolongados sem chuva.

Calcula-se o volume de chuva aproveitável para cada período conforme a Equação 1:

$$\boldsymbol{V_{apr}}(\mathbf{t}) = \boldsymbol{P}(\boldsymbol{t}) * \boldsymbol{A} * \boldsymbol{C} \quad (1)$$

Onde: $\boldsymbol{V_{apr}(t)}$: Volume de chuva aproveitável (m³); $\boldsymbol{P(t)}$: Precipitação acumulada no período (em mm, mensal ou diária); $\boldsymbol{A}$: Área de captação (m²); $\boldsymbol{C}$: Coeficiente de Runoff da área de captação.

E a diferença entre o volume aproveitável e a demanda, conforme a Equação 2:

$$\Delta_{(t)} = \boldsymbol{V_{apr}}(\mathbf{t}) - \boldsymbol{D(t)} \tag{2}$$

Onde: $\Delta_{(t)}$: Diferença entre o volume aproveitável e a demanda; $\boldsymbol{D(t)}$: Demanda no período (m³).

Por fim, calcula-se o somatório das diferenças enquanto o valor acumulado for negativo, como mostra a Equação 3:

$$\begin{cases} \Delta_{ac(t)} = \Delta_{ac\,(t-1)} + \Delta_{(t)}, & \Delta_{ac\,(t-1)} + \Delta_{(t)} < \mathbf{0} \\ \Delta_{ac\,(t)} = \mathbf{0}, & \Delta_{ac\,(t-1)} + \Delta_{(t)} \geq \mathbf{0} \end{cases} \tag{3}$$

Onde: $\Delta_{ac\,(t)}$: Diferença negativa acumulada.

O volume do reservatório para atender a demanda é a maior diferença acumulada encontrada, que representa o maior déficit acumulado do período.

A norma apresenta ainda outros métodos de dimensionamento. Os métodos práticos permitem a determinação do volume com poucos cálculos e sem a necessidade de extensas séries de dados. O método prático brasileiro define o volume do reservatório como o volume total aproveitável, conforme a Equação 4:

$$\mathbf{V} = \mathbf{0{,}042} * \boldsymbol{P} * \boldsymbol{A} * \boldsymbol{T} \tag{4}$$

Onde: $\boldsymbol{V}$: Volume do reservatório ou volume de chuva aproveitável (L); $\boldsymbol{P}$: Precipitação acumulada anual (mm); $\boldsymbol{A}$: Área de captação (m²); $\boldsymbol{T}$: Número de meses secos ou com pouca chuva.

O método prático alemão recomenda a adoção do menor valor entre 6% da demanda anual e 6% do volume aproveitável anual. O método prático inglês, de forma similar ao brasileiro, dimensiona a cisterna para o volume de chuva aproveitável, porém sem considerar a sazonalidade da chuva, como mostra a Equação 5:

$$\mathbf{V} = \mathbf{0{,}05} * \boldsymbol{P} * \boldsymbol{A} \tag{5}$$

Onde: $\boldsymbol{V}$: Volume do reservatório (L); $\boldsymbol{P}$: Precipitação acumulada anual (mm); $\boldsymbol{A}$: Área de captação (m²).

O método prático australiano simula a operação mensal da cisterna e busca o menor tamanho de reservatório que garanta um nível de confiança mínimo desejado. Em cada mês o volume aproveitável é calculado de acordo com a Equação 6:

$$\mathbf{V} = (\boldsymbol{P} - \boldsymbol{I}) * \boldsymbol{A} * \boldsymbol{C} \tag{6}$$

Onde: $\boldsymbol{V}$: Volume do reservatório (L); $\boldsymbol{P}$: Precipitação acumulada anual (mm); $\boldsymbol{I}$: Interceptação da chuva e perdas por evaporação (em geral 2 mm); $\boldsymbol{A}$: Área de captação (m²); $\boldsymbol{C}$: Coeficiente de Runoff.

Simulação da operação

O volume efetivamente adotado para o reservatório também está relacionado com outros aspectos técnicos e econômicos, como limitações do espaço físico e orçamento do projeto. Com frequência, essas restrições se sobrepõem ao dimensionamento e ditam o volume das cisternas.

O método da simulação, também mencionado na NBR 15.527 (ABNT, 2007) e por Mierzwa, Hespanhol, Silva, e Rodrigues (2007), é uma solução interessante para esses casos. Neste método, o

volume do reservatório é um dado de entrada. A operação da cisterna é então simulada, verificando-se o desempenho do sistema, sendo possível quantificar a frequência de ocorrência de déficits e extravasamentos da cisterna. Em cada passo de tempo o volume de chuva aproveitado é calculado conforme a Equação 1 e a variação de volume na cisterna é calculada conforme a Equação 2.

METODOLOGIA

Determinação do regime pluviométrico local

A determinação do regime pluviométrico das escolas onde se deseja implantar os sistemas de captação de água de chuva foi realizada com base no levantamento dos postos pluviométricos existentes na Região Metropolitana de São Paulo. Esse levantamento foi elaborado a partir do banco de dados hidrológicos da Agência Nacional de Águas – ANA (Agência Nacional de Águas, 2016), o qual disponibiliza a localização das estações pluviométricas nas bacias hidrográficas brasileiras.

Após a seleção dos postos pluviométricos de interesse na RMSP, foram definidas as áreas de influência de cada um deles. Para isso, utilizou-se o método dos Polígonos de Thiessen, o qual admite que a precipitação em um posto pluviométrico é representativa da região limitada pelas mediatrizes desenhadas entre os postos adjacentes (Thiessen, 1911). Por fim, foi possível identificar os postos pluviométricos representativos de cada uma das escolas em estudo, bem com levantar as séries históricas de chuva junto à ANA (Agência Nacional de Águas, 2016).

Determinação das demandas para fins não potáveis

Em ambientes urbanos, há uma extensa gama de demandas por usos não potáveis que podem ser supridas por águas pluviais (ABNT, 2007). No caso das escolas analisadas neste artigo, identificou-se por meio de visitas técnicas que a água de chuva armazenada nas cisternas poderia ser usada na limpeza de pisos internos e externos e na rega de plantas.

Através de entrevistas com os funcionários da limpeza, foi possível quantificar o uso de água em cada uma dessas atividades, as quais atualmente dependem da disponibilidade de água potável. Durante as entrevistas, procurou-se identificar para cada tipo de ambiente: a quantidade de cada um dos ambientes nas escolas; a frequência da limpeza dos ambientes; o número de baldes de 20 litros utilizados na limpeza dos ambientes.

Por fim, com base na estimativa de frequência e número de baldes utilizados em cada atividade, foi possível estimar as demandas totais para fins não potáveis nas escolas.

Dimensionamento das cisternas

Para o dimensionamento das cisternas, foram aplicados o método de Rippl para dados mensais e diários e os métodos práticos brasileiro, inglês, alemão e australiano. Considerando que a água reservada complementará a água fornecida pela rede de abastecimento, assumiu-se que o risco em caso de déficit não seria elevado. Por isso, buscou-se dimensionar as cisternas com valores médios de precipitação, resultando em reservatórios menores e, portanto, custos menores para o sistema.

O método do Rippl mensal foi calculado com as médias históricas de cada mês. Já o método de Rippl diário foi aplicado para os cinco anos mais próximos à mediana da série, determinados com o auxílio da curva de permanência dos totais anuais. O volume da cisterna foi então definido como sendo a média para os volumes desses cinco anos, minimizando o efeito de comportamentos atípicos durante o ano. Os métodos práticos brasileiro, inglês e alemão foram aplicados com a precipitação anual média de toda a série. O método prático australiano foi aplicado com as médias históricas de cada mês para uma confiabilidade mínima de 90% (recomendada pela norma).

A área de captação, correspondente à área dos telhados, foi determinada através da base de dados georreferenciada de edificações, disponibilizada no portal GeoSampa (Prefeitura de São Paulo,

2016). O coeficiente de runoff para todos os casos foi adotado como sendo C=0,8, valor recomendado por Tomaz (2004) para aproveitamentos em telhados, já considerando a água descartada inicialmente.

Simulação da Operação

Cada cisterna dimensionada pelos métodos descritos teve sua operação simulada para os anos mais secos e mais úmidos da série. Para cada cenário foi calculada uma confiabilidade média, equivalente ao percentual de dias do ano em que a demanda foi atendida, e uma economia média, equivalente ao volume anual da demanda que foi suprido pela água de chuva.

Os anos secos e úmidos foram determinados a partir de quatro critérios, selecionando o ano com melhor e pior desempenho em cada um deles. Os critérios foram: precipitação total anual; número de dias secos; número de períodos de dois ou mais dias secos; duração do maior período seco. Para essa análise foram considerados "dias secos" os dias em que a precipitação total foi menor ou igual a 1 mm, conforme recomendado por Kobiyama e Hansen (2002)[1], apud Silva & Tassi 2005).

Foram também simuladas cisternas com volumes de 250 L, 500 L, 1.000 L e 2.000 L. Esses volumes correspondem a modelos comerciais e de dimensões compatíveis com os locais estudados.

RESULTADOS

Determinação do regime pluviométrico local

A aplicação do método dos Polígonos de Thiessen identificou as áreas de influência nas quais se localizam as escolas deste estudo. Os postos correspondentes às escolas são: EMEF Olavo Pezzotti: Água Branca (código 2346046) e EMEI Alberto de Oliveira: Mooca-Comgas (código 2346348), ambos operados pelo DAEE-SP.

Definidos os postos, foram obtidas as séries de precipitação diária através do HidroWeb da ANA. A Figura 1 e a Figura 2 mostram *box plots* mensais para as séries dos postos Água Branca e Mooca-Comgas, respectivamente. A Figura 3 mostra a curva de permanência da precipitação total anual para os dois postos. Ambos os postos apresentam sazonalidade típica para a região sudeste. O posto Mooca-Comgas, porém, apresenta volumes maiores de chuva nos anos mais úmidos.

Demandas por fins não potáveis

As entrevistas permitiram estimar a demanda por fins não potáveis nas escolas. Segundo as estimativas, são gastos aproximadamente 11.080 litros na EMEF Olavo Pezzotti por semana nas rotinas de limpeza. Já na EMEI Alberto de Oliveira, escola com menor número de alunos, são gastos aproximadamente 1.920 litros por semana.

Dimensionamento das cisternas

Os resultados do dimensionamento das cisternas estão apresentados na Tabela 1. Os maiores volumes calculados para a EMEF Olavo Pezzotti foram resultantes dos métodos de Rippl mensal e diário e do método Prático Australiano. Já para a EMEI Alberto de Oliveira, esses métodos e o Prático Alemão resultaram justamente nos menores volumes de cisterna. Os maiores valores foram os calculados pelo método Prático Brasileiro e o Prático Inglês.

A diferença nos resultados está relacionada com o perfil de consumo de cada escola e as premissas de cada método. O método de Rippl e o Prático Australiano buscam atender a demanda durante todo o período considerado. A existência de períodos secos ou uma demanda elevada, como no caso da EMEF, resulta em grandes volumes. O método Prático Alemão também sofre influência da demanda, mas faz apenas um balanço anual, não sendo influenciado pela sazonalidade da chuva.

[1] Kobiyama, M., Hansen, S., 2002. *Vantagens da utilização do sistema de coleta da água da chuva sob o ponto de vista dos aspectos hidrológicos e econômicos: Estudo de caso em Florianópolis/SC.* In: Aproveitamento da água da chuva. Group Raindrops. Organizadores e Tradutores: KOBIYAMA, M., USHIWATA, C. T., AFONSO, M.. Curitiba/PR. 2002. p. 169-181.

Já o Método Prático Brasileiro e o Método Prático Inglês consideram apenas o regime pluviométrico e dimensionam o reservatório com base no volume aproveitável, sem influência da demanda.

O valor de 0 m³ calculado pelo método de Rippl mensal e o Prático Australiano indica que o volume de chuva aproveitável superou a demanda em todos os intervalos de tempo. O aproveitamento, no entanto, não pode ser feito sem reservar a água. Nesses casos, é necessária uma análise com discretização de tempo diária.

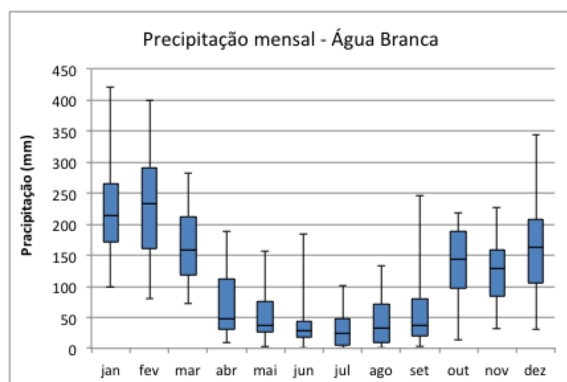


Figura 1 - Box plot para o posto Água Branca

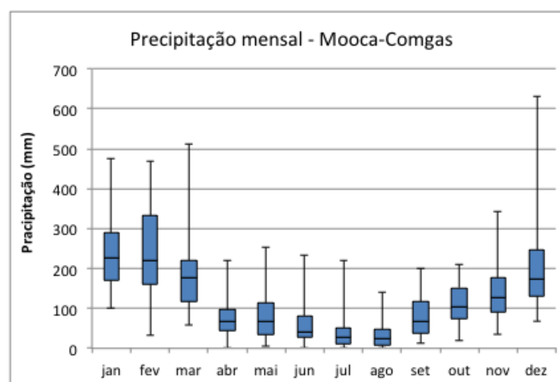


Figura 2 - Box plot para o posto Mooca-Comgas

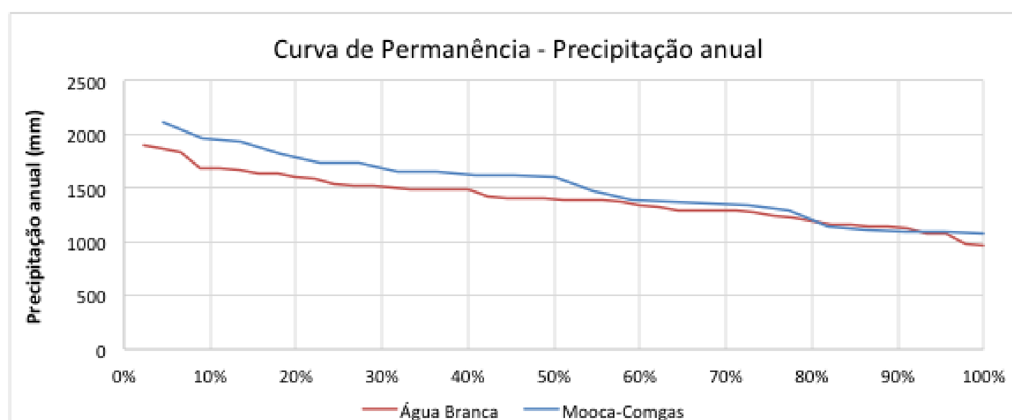


Figura 3 - Curvas de permanência para a precipitação anual dos postos

Tabela 1 – Resultados do dimensionamento das cisternas

Método	EMEF Olavo Pezzotti	EMEI Alberto de Oliveira
Rippl Mensal	143,9 m³	0,0 m³
Rippl Diário	176,7 m³	11,3 m³
Prático Brasileiro	62,7 m³	65,7 m³
Prático Alemão	34,2 m³	5,9 m³
Prático Inglês	37,3 m³	39,1 m³
Prático Australiano	132,9 m³	0,0 m³

Simulação da operação

Os resultados da simulação da operação estão apresentados na Figura 4 e na Figura 5. Os métodos sensíveis à demanda tiveram melhor desempenho no caso da EMEF, que possui uma demanda mais alta. Já no caso da EMEI, os métodos que dimensionam com base apenas no volume aproveitável foram os que apresentaram melhor desempenho.

A análise também evidencia a influência do regime pluviométrico na operação do sistema. Os métodos de Rippl e o Prático Australiano calculam o volume necessário para atingir uma

confiabilidade definida para a chuva utilizada. Ao serem simulados com períodos mais secos, a confiabilidade obtida é menor, mesmo nos casos com grande capacidade de regularização.

As cisternas de 250L a 2.000L na maioria dos casos apresentam uma confiabilidade muito menor, visto que possuem um volume bastante inferior aos calculados no dimensionamento. Essas cisternas, no entanto, permitem um significativo volume de economia anual. Nesses casos, o aproveitamento de água ocorre essencialmente nos dias chuvosos e a cisterna tende a ficar ociosa nos períodos secos. Mierzwa et al. (2007) sugerem que essa forma de operação é a que resulta na maior viabilidade econômica de sistemas de aproveitamento de água de chuva.

A Figura 4 mostra uma relação entre o volume da cisterna e a economia anual do sistema para cada escola e para cada cenário de chuva, enquanto a Figura 5 mostra a confiabilidade em cada caso. O gráfico sugere que existe um rápido crescimento do volume economizado com o aumento da cisterna para pequenas dimensões. Para reservatórios maiores, o aumento marginal da economia com a variação das dimensões da cisterna é menor. Isso ocorre porque o aproveitamento no período úmido é contemplado com pequenos volumes e o aumento do reservatório atua no sentido de garantir o abastecimento por mais tempo durante períodos secos prolongados, aumentando a confiabilidade.

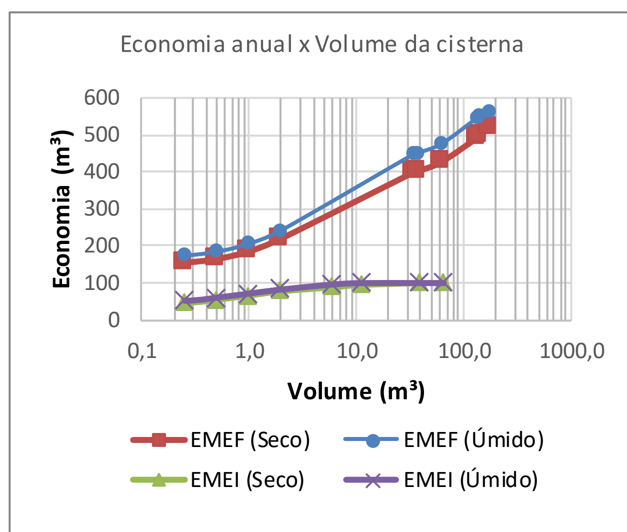


Figura 4 - Volume economizado para cada cisterna

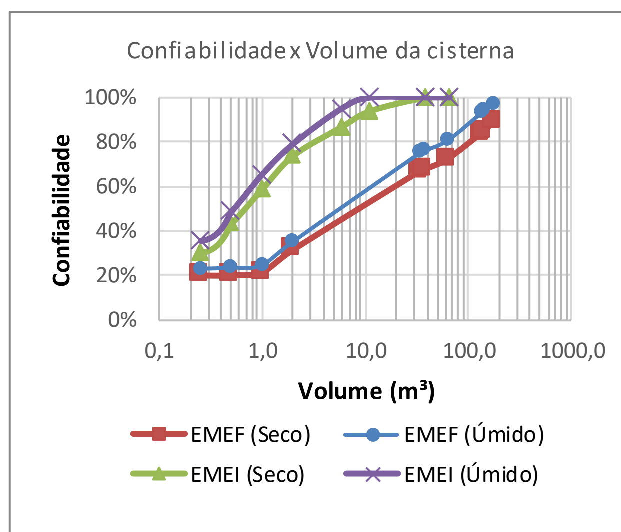


Figura 5 - Confiabilidade do sistema para cada cisterna

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Este artigo apresentou uma metodologia para dimensionamento e simulação da operação de sistemas de captação de águas pluviais em escolas, utilizando-se como ponto de partida o regime pluviométrico local e as demandas por usos de água não potáveis. O estudo permitiu uma maior compreensão do processo de desenvolvimento e operação de um sistema de aproveitamento de água pluvial no contexto do cotidiano escolar. Foi desenvolvida uma metodologia para a obtenção dos dados necessários, uma análise crítica de diferentes métodos de dimensionamento e uma avaliação da operação do sistema em diferentes cenários.

Considera-se que a metodologia de entrevistas para a determinação da demanda por fins não potáveis demonstrou-se satisfatória e facilmente replicável. As metodologias de dimensionamento aplicadas, por sua vez, apresentaram bastante divergência entre si e resultaram em volumes elevados para o reservatório. O método de Rippl calcula valores extremos para a cisterna, porém é importante obter esse valor como referência do máximo necessário para atender completamente a demanda.

Por fim, a análise realizada também mostrou que cisternas de dimensões muito inferiores às determinadas pelo dimensionamento podem representar uma economia de água significativa. Dessa

forma, é possível atender a limitações físicas e orçamentárias do projeto sem grande prejuízo ao desempenho do sistema. Esse resultado destaca a importância da simulação da operação do sistema para avaliar o desempenho de aproveitamento em diferentes cenários e identificar as possibilidades de uso, qualquer que seja o método de dimensionamento adotado.

REFERÊNCIAS

ABNT. NBR 15527: Águas de chuva - aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis (2007). Rio de Janeiro.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. (2016). HidroWeb. Disponível em: http://hidroweb.ana.gov.br/default.asp. Acesso em: 8 Nov. 2016.

AMORIM, S. De, & PEREIRA, D. D. A. (2008). Estudo comparativo dos métodos de dimensionamento para reservatórios utilizados em aproveitamento de água pluvial. *Ambiente Construído*, *8*(2), 53–66.

ANA. (2005). *Disponibilidade e Demandas de Recursos Hídricos no Brasil*. Brasília.

BARRON, J. (2009). *Rainwater harvesting: a lifeline for human well-being*. *UNEP/Earthprint* (Vol. 41).

DAILY, C., & WILKINS, C. (2012). Basic components of a rainwater storage system. *College of Agriculture and Life Science*, 1–4.

FEWKES, A. (1999). The use of rainwater for WC flushing: the field testing of a collection system. *Building and Environment*, *34*(6), 765–772.

GOMES, U. A. F., DOMÈNECH, L., PENA, J. L., HELLER, L., & PALMIER, L. R. (2014). A captação de água de chuva no Brasil: novos aportes a partir de um olhar internacional. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, *19*(1), 7–16.

MARINOSKI, A. K., & GUISI, E. (2008). Aproveitamento de água pluvial para usos não potáveis em instituição de ensino: estudo de caso em Florianópolis – SC. *Ambiente Construído*, *8*(2), 67–84.

MAY, S. (2004). *Estudo da viabilidade do aproveitamento de água de chuva para consumo não potável em edificações*. Dissertação de Mestrado. Escola Politécnica da USP.

MIERZWA, J. C., HESPANHOL, I., SILVA, M. C. C. da, & RODRIGUES, L. D. B. (2007). Águas pluviais: método de cálculo do reservatório e conceitos para um aproveitamento adequado. *REGA*, *4*(1), 29–37.

MORUZZI, R. B., OLIVEIRA, S. C. De, & CARVALHO, G. (2008). Volume do reservatório de aproveitamento de água pluvial baseado no conceito do balanço de vazões para uma residência unifamiliar. *Publ. UEPG Ci. Exatas Terra, Ci. Agr. Eng.*, *14*(3), 217–227.

PREFEITURA DE SÃO PAULO. (2016). Sistema de Consulta do Mapa Digital da Cidade de São Paulo. Disponível em: http://geosampa.prefeitura.sp.gov.br/PaginasPublicas/_SBC.aspx. Acesso em: 5 Nov. 2016.

RIGHETTO, A. M. (2009). *Manejo de Águas Pluviais Urbanas*. *ABES*. Rio de Janeiro.

SABESP. (2015). *Crise hídrica, estratégia e soluções da Sabesp para a Região Metropolitana de São Paulo*. São Paulo.

SILVA, A. R. V., & TASSI, R. (2005). *Dimensionamento e simulação do comportamento de um reservatório para aproveitamento de água de chuva: Resultados preliminares*. XVI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos.

THIESSEN, A. H. (1911). Precipitation Averages for Large Areas. *Monthly Weather Review*, *39*(7), 1082–1089.

TOMAZ, P. (2004). *Aproveitamento de água de chuva para áreas urbanas e fins não-potáveis*. São Paulo: Navegar.